


## Piezoelectric differential cam phaser

**Publication number:** DE10045054  
**Publication date:** 2001-04-05  
**Inventor:** MARRIOTT CRAIG D (US)  
**Applicant:** GEN MOTORS CORP (US)  
**Classification:**  
- **international:** **F01L1/34; F01L1/34;** (IPC1-7): F01L1/344  
- **european:** F01L1/34; F01L1/352  
**Application number:** DE20001045054 20000912  
**Priority number(s):** US19990395022 19990913

**Also published as:**

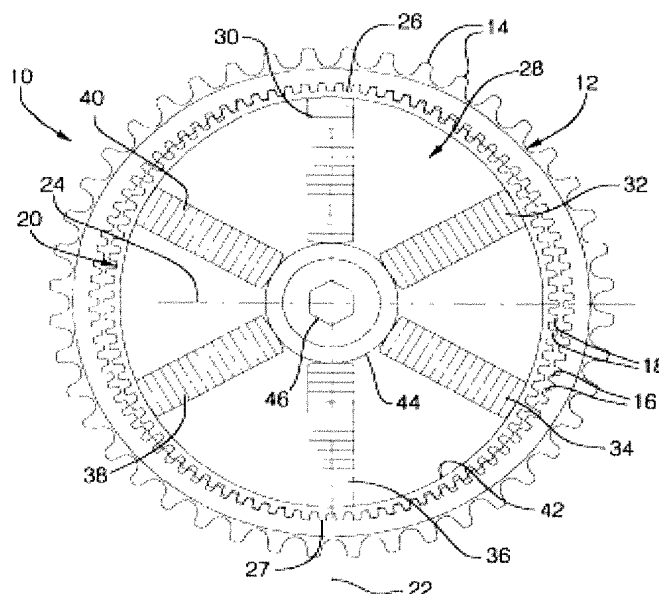
 **US6155220 (A1)**

[Report a data error here](#)

Abstract not available for DE10045054

Abstract of corresponding document: **US6155220**

A compact cam phaser has a flexible spline deformed into a nonround shape and engaging a mating ring gear or circular member at angularly spaced locations for transferring camshaft drive torque between them. The spline has projecting lobes with teeth or friction surfaces which engage like surfaces formed on the mating gear or member. The spline and ring gear have a differential length or number of teeth. The phaser includes a plurality of angularly spaced radial piezo actuators, which expand and contract to cause the projecting lobes (but not the flexible spline itself) to travel around the circular ring gear in rotating waves. Thus, each point of the flexible spline is moved sequentially into and out of contact with the ring gear as the contact points (lobes) rotate in waves. Since the number of spline teeth differs from the ring gear, one revolution of the waves causes the spline to move relative to the ring gear a number of teeth equal to the differential. The phase angle of the flexible spline relative to the ring gear, and the camshaft relative to the crankshaft, is thus changed by an amount proportional to the revolutions of the waves. The piezo actuators are controlled in known manner by the application and withdrawal of electric voltage which causes the actuators to alternately expand and contract, driving the wave rotation of the spline lobes rapidly to change the phase angle. Various embodiments are disclosed.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



①⑨ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 45 054 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**F 01 L 1/344**

⑳ Aktenzeichen: 100 45 054.7  
㉔ Anmeldetag: 12. 9. 2000  
㉕ Offenlegungstag: 5. 4. 2001

**DE 100 45 054 A 1**

③① Unionspriorität:  
395022 13. 09. 1999 US  
⑦① Anmelder:  
General Motors Corporation, Detroit, Mich., US  
⑦④ Vertreter:  
Manitz, Finsterwald & Partner GbR, 80538 München

⑦② Erfinder:  
Marriott, Craig D., Rochester, Mich., US

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Piezoelektrische Differenznockenphaseneinrichtung

⑤⑦ Eine kompakte Nockenphaseneinrichtung weist ein flexibles Element auf, das in eine nicht runde Form verformt wird und mit einem zusammenpassenden Ringzahnrad oder einem Kreiselement an winkelig beabstandeten Stellen zur Übertragung eines Nockenwellentriebsdrehmomentes zwischen diesen in Eingriff steht. Das flexible Element weist vortretende Überhöhungen mit Zähnen oder Reibflächen auf, die mit gleichen Flächen in Eingriff stehen, die an dem zusammenpassenden Zahnrad oder dem zusammenpassenden Element ausgebildet sind. Das flexible Element und das Ringzahnrad weisen eine Differenzlänge oder Differenzanzahl von Zähnen auf. Die Phaseneinrichtung umfaßt mehrere winkelig beabstandete radiale Piezoaktuatoren, die sich erweitern und zusammenziehen, um zu bewirken, daß die vortretenden Überhöhungen (aber nicht das flexible Element selbst) in sich drehenden Wellen um das kreisförmige Ringzahnrad wandern. Somit wird jeder Punkt des flexiblen Elementes fortlaufend in und aus dem Kontakt mit dem Ringzahnrad bewegt, da sich die Kontaktpunkte (Überhöhungen) in Wellen drehen. Da sich die Anzahl von Zähnen des flexiblen Elementes von der des Ringzahnrades unterscheidet, bewirkt eine Umdrehung der Wellen, daß sich das flexible Element relativ zu dem Ringzahnrad um eine Anzahl von Zähnen bewegt, die gleich der Differenz ist. Der Phasenwinkel des flexiblen Elementes relativ zu dem Ringzahnrad und der Nockenwelle relativ zu der Kurbelwelle wird somit um eine Größe ...

**DE 100 45 054 A 1**

## TECHNISCHES GEBIET

Diese Erfindung betrifft Nockenphaseneinstelleinrichtungen zur Änderung des Phasenwinkels einer Nockenwelle relativ zu einer Kurbelwelle eines Motors.

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Es ist in der Motortechnik bekannt, eine Nockenphaseneinstelleinrichtung zur Änderung der zeitlichen Abfolge oder des Phasenwinkels einer ventilbetätigenden Nockenwelle relativ zu einer Kurbelwelle zu verwenden, durch die die Nockenwelle angetrieben wird. Allgemein sind derartige Nockenphaseneinstelleinrichtungen relativ komplex und teuer und tragen zudem zur Größe und Masse des zugeordneten Motors bei.

## ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Die vorliegende Erfindung sieht eine relativ einfache und kompakte Nockenphaseneinstelleinrichtung vor, die in einer Zahnriemenscheibe oder einem Antriebszahnrad eines Motornockenwellenantriebs befestigt sein kann. Bei einer Ausführungsform steht ein flexibles Element, das in eine elliptische oder nicht runde Form verformt ist, mit einem zusammenpassenden kreisförmigen Element an einander gegenüberliegenden Stellen in Eingriff, um ein Nockenwellenantriebsdrehmoment zwischen diesen zu übertragen. Das flexible Element ist ein Innenelement, das mit einer Nockenwelle antreibbar verbunden ist, während das kreisförmige Element ein Außenringzahnrad oder -kettenrad mit Außenzähnen zur Verbindung mit einer zugeordneten Motorkurbelwelle über eine Steuerkette, einen Steuerriemen oder ein Steuerzahnrad ist. Das flexible Innenelement weist tatsächlich zwei entgegengesetzt vortretende Überhöhungen auf, an denen ein Eingriff vorzugsweise zwischen Zähnen stattfindet, die an den Eingriffsflächen ausgebildet sind. Das flexible Element und das Außenringzahnrad unterscheiden sich in der Länge ihrer Kontaktflächen um eine Differenzlänge, die in diesem Fall gleich zwei Zähnen entspricht.

Zur Änderung des Phasenwinkels zwischen der Kurbelwelle und der Nockenwelle umfaßt die Phaseneinstelleinrichtung mehrere winkelig beabstandete, sich radial erstreckende piezoelektrische Aktuatoren oder Piezoaktuatoren, die sich erweitern und zusammenziehen, um zu bewirken, daß die vortretenden Überhöhungen (aber nicht das flexible Element selbst) um das kreisförmige Ringzahnrad in drehenden Wellen laufen können. Auf diese Art und Weise wird jeder Punkt des flexiblen Elements nacheinander in und aus dem Kontakt mit dem Außenringzahnrad bewegt, wenn sich die Kontaktpunkte (Überhöhungen) in Doppelwellen drehen. Da das im Umfang kürzere flexible Element zwei Zähne weniger als das Ringzahnrad aufweist, bewirkt eine Umdrehung der Wellen, daß sich das flexible Element relativ zu dem Ringzahnrad um zwei Zähne in der Richtung entgegengesetzt der Wellendrehung bewegt. Der Phasenwinkel des flexiblen Elements relativ zu dem Ringzahnrad und der Nockenwelle relativ zu der Kurbelwelle wird somit um eine Größe geändert, die proportional zur Anzahl an Umdrehungen der Wellen ist und die in der Richtung entgegengesetzt zu den Wellen vorliegt.

Die Piezoaktuatoren werden auf bekannte Art und Weise durch das fortlaufende Anlegen und Abziehen elektrischer Spannung angesteuert, was bewirkt, daß die Aktuatoren abwechselnd erweitert und zusammengezogen werden, wodurch die Wellendrehung der Überhöhungen des flexiblen

Elements schnell angetrieben wird, um die gewünschte Änderung des Phasenwinkels zu erhalten. Auf diese Art und Weise kann die Nockenphaseneinstelleinrichtung dazu dienen, den Nockenwellenphasenwinkel mit einem einfachen und leicht steuerbaren Mechanismus zu ändern, der im Vergleich zu anderen bekannten Nockenphaseneinstelleinrichtungen eine minimale Anzahl von Komponenten aufweist.

Es sind verschiedene alternative Ausführungsformen der Erfindung aufgeführt. Beispielsweise könnten sich die Eingriffsflächen von flexiblem Element und Ringzahnrad anstelle von in Eingriff stehenden Zähnen auf Reibung stützen, um ihre Drehmomentlasten zu übertragen und die gewünschten Phasenänderungen vorzusehen. Die Anzahl von Überhöhungen oder Eingriffspunkten mit dem Ringzahnrad könnte anstelle von zwei auf eins oder drei oder mehr geändert werden. Wenn jedoch nur eine Überhöhung vorhanden wäre, würde dies unausgeglichene Radiallasten in dem Mechanismus erzeugen. Der Differenzabstand oder die Differenzanzahl von Zähnen bei den gezahnten Versionen sollte einen oder mehrere Zähne für jede Überhöhung betragen. Bei dem obigen Beispiel umfaßt die Differenz (zwei) eine Differenz von einem Zahn für jede Überhöhung.

Der Mechanismus kann auch umgedreht sein, so daß das flexible Element außerhalb des Ringzahnrades positioniert ist und die radial orientierten Piezoaktuatoren mit der Außenseite des flexiblen Elementes in Eingriff stehen und in einen Außenring gezwungen sind. (In diesem Fall weist das Ringzahnrad Außenzähne als eine Geradverzahnung auf, ist aber in dem allgemeinen Begriff "Ringzahnrad", wie er hier verwendet ist, eingeschlossen). Die Aktuatoren treiben dann das flexible Element an, um einwärts gerichtete Überhöhungen zu bilden, die mit dem Innenringzahnrad in Eingriff stehen, das einen kleineren Umfang und/oder eine kleinere Anzahl von Zähnen aufweist, als das flexible Element. In diesem Fall bewirkt eine Drehung der Überhöhungen in Wellen, daß das flexible Element den Phasenwinkel relativ zu dem Innenringzahnrad in der gleichen Richtung wie der Richtung der Wellendrehung ändert.

Eine noch weitere Ausführungsform könnte doppelte Phaseneinstellelemente umfassen, die ein erstes Element mit einem Außenringzahnrad und zugeordnetem inneren flexiblen Element kombiniert mit einem zweiten Element umfassen, das konzentrisch innerhalb des ersten Elementes angeordnet ist und ein Innenringzahnrad und ein zugeordnetes äußeres flexibles Element umfaßt. Die Piezoaktuatoren sind zwischen den beiden flexiblen Elementen angeordnet, um diese beide zu betätigen und identisch drehende Wellen zu erzeugen, die gleichzeitig die Phase beider Phaseneinstellelemente in der gleichen Richtung ändern. Somit ist die Größe der Phasenänderung für jede Wellendrehung verdoppelt, aber die Drehmomentleistung des Antriebs ist verringert.

Bei einer Abänderung der vorhergehenden Ausführungsformen könnten die Zähne des Ringzahnrades oder der Ringzahnräder und der zugeordneten flexiblen Elemente abgeschrägt sein und eines dieser Elemente könnte axial vorgespannt sein, um ein Spiel in dem Antrieb an den Eingriffspunkten des flexiblen Elementes mit dem Zahnrad aufnehmen zu können.

Diese und andere Merkmale und Vorteile der Erfindung werden aus der folgenden Beschreibung bestimmter spezifischer Ausführungsformen der Erfindung unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen besser verständlich.

## ZEICHNUNGSKURZBESCHREIBUNG

Fig. 1 ist eine schematische Stirnansicht einer ersten Ausführungsform einer piezoelektrischen Differenznockenpha-

seneinstelleinrichtung gemäß der Erfindung.

**Fig. 2** ist eine Ansicht ähnlich zu **Fig. 1**, die die Phaseneinstelleinrichtung in einer anfänglichen Betriebsstellung zeigt.

**Fig. 3** ist eine Ansicht ähnlich zu **Fig. 2**, die aber die Phaseneinstelleinrichtung in einer fortgeschrittenen Betriebsstellung mit einer Änderung des Phasenwinkels um einen Zahn zeigt.

**Fig. 4** ist eine halbschematische bildliche Ansicht einer umgekehrten Ausführungsform der Nockenphaseneinstelleinrichtung gemäß der Erfindung mit einer befestigten Nockenwelle.

**Fig. 5** ist eine Schnittansicht einer Phaseneinstelleinrichtung des umgekehrten Typs von **Fig. 4** befestigt an einer Motornockenwelle.

**Fig. 6** ist eine Schnittansicht einer Nockenphaseneinstelleinrichtung mit einem Doppelement, das sowohl das normale als auch das umgekehrten Phaseneinstellelement in Serie verbunden mit denselben Wellenerzeugungsaktuatoren umfaßt, und

**Fig. 7** ist eine bruchstückhafte Schnittansicht, die eine Anordnung mit abgeschrägten Antriebszähnen zur Aufnahme eines Spiels zeigt.

#### BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORM

Wie in den **Fig. 1–3** der Zeichnungen gezeigt ist, bezeichnet Bezugszeichen **10** allgemein eine erste Ausführungsform einer piezoelektrischen Differenznockenphaseneinstelleinrichtung gemäß der Erfindung. Die Phaseneinstelleinrichtung **10** umfaßt ein Außenringzahnrad **12**, das Außenzähne **14** trägt, die mit einer Steuerkette oder einem Steuerriemen in Eingriff stehen könnten, so daß das Außenringzahnrad ein Kettenrad oder eine Riemenscheibe wird. Alternativ dazu könnten die Zähne **14** als Zahnradzähne ausgebildet sein, um mit zusammenpassenden Zähnen eines Antriebszahnrades oder angetriebenen Zahnrades in Eingriff treten zu können, das nicht gezeigt ist. Das Antriebszahnrad oder angetriebene Zahnrad, das Kettenrad oder die Riemenscheibe würden eine Verbindung des Ringzahnrades mit einer Kurbelwelle, die nicht gezeigt ist, schaffen, durch die die Nockenphaseneinstelleinrichtung in der Form einer Riemenscheibe, eines Kettenrades oder eines Zahnrades angetrieben würde.

An seinem Innenumfang umfaßt das kreisförmige Ringzahnrad **12** Innenzähne **16**, die sich um seinen Innenumfang erstrecken. Die Zähne **16** stehen mit zusammenpassenden Zähnen **18** eines endlosen flexiblen Innenelementes **20** in Eingriff. Das flexible Element besitzt, wenn es kreisförmig ist, einen etwas kleineren Durchmesser als das Außenringzahnrad **12**. Somit ist das flexible Element mit einer kleineren Anzahl von Zähnen als das Ringzahnrad versehen, wobei die Differenzanzahl der Zähne Zwei beträgt. Mit anderen Worten besitzt das flexible Element zwei Zähne weniger als das Ringzahnrad. Jedoch ist das flexible Element **20** nicht kreisförmig, sondern in eine im allgemeinen elliptische Form oder Gestaltung geformt, die eine Hauptachse **22**, die sich in **Fig. 1** vertikal erstreckt, und eine Nebenachse **24** aufweist, die sich in **Fig. 1** horizontal erstreckt. Das flexible Element ist daher so gebogen, daß sein Durchmesser entlang der Hauptachse vergrößert ist, so daß die Zähne **18** des flexiblen Elementes in Eingriff mit den Innenzähnen **16** des Ringzahnrades **12** gedrängt werden, wobei zwei sich in entgegengesetzte Richtungen erstreckende Ausstülpungen des Elementes gebildet werden, die als Überhöhungen **26**, **27** bezeichnet sind. An Positionen, die von den Überhöhungen **26**, **27** entfernt sind, ist der Durchmesser des flexiblen Ele-

ments verringert, wobei das Minimum entlang der Nebenachse **24** erreicht wird, an dem die Zähne **16**, **18** durch einen Spalt getrennt sind.

Innerhalb des flexiblen Elements **20** ist ein piezoelektrischer Wellengenerator **28** vorgesehen, der durch mehrere Piezoelementstapel oder Piezoaktuatoren **30**, **32**, **34**, **36**, **38**, **40** ausgebildet ist, in diesem Fall sechs. Diese erstrecken sich von einer Innenumfangsfläche **42** des flexiblen Elements **20** radial einwärts zu einer zylindrischen Außenfläche eines Innenringes **44**, der als eine Nabe dient. Die Nabe **44** ist ihrerseits durch eine Schraubbefestigung **46** befestigt. Es sei zu verstehen, daß geeignete Einrichtungen, die nicht gezeigt sind, zur Verbindung des flexiblen Elements **20** mit der Nabe **44** vorgesehen sind, so daß sich diese zusammen drehen, um eine zugeordnete Nockenwelle, die nicht gezeigt ist, anzutreiben, mit der die Schraubbefestigung **46** diesen Zentralabschnitt der Nockenphaseneinstelleinrichtung **10** verbindet.

Die Piezoelemente oder -aktuatoren **30–40** wirken in bekannter Weise, um ihre Länge bei Anlegen einer elektrischen Spannung zu erweitern oder zu erhöhen. Das Anlegen einer entgegengesetzten Spannung bewirkt entsprechend, daß sich die Aktuatoren verkürzen oder zusammenziehen. Somit werden die Aktuatoren **30** durch ein geeignetes Steuersystem, das nicht gezeigt ist, zum Erweitern und Zusammenziehen je nach Bedarf elektrisch betrieben, um das flexible Element **20** anfänglich in die annähernd elliptische Gestaltung zu verformen, wie in **Fig. 1** gezeigt ist, wobei die Zähne des Elements mit den Zähnen des Ringzahnrades entlang der Hauptachse **22** in Eingriff stehen.

Eine Änderung des Phasenwinkels zwischen der Nockenwelle, die mit dem Zentralwellengenerator und dem flexiblen Element **20** verbunden ist, und der Kurbelwelle, die mit dem Außenringzahnrad **12** verbunden ist, wird durch fortlaufendes Erweitern und Zusammenziehen der Aktuatoren **30–40** erreicht, so daß sich die Kontaktpunkte oder Eingriffspunkte der Zähne des flexiblen Elements und des Ringzahnrades in Wellen um die Innenfläche des Ringzahnrades drehen.

Der Betrieb dieser Ausführungsform der Nockenphaseneinstelleinrichtung und der Ausbildung und Funktion der Wellen wird am besten unter Bezugnahme auf die **Fig. 2** und **3** erläutert. **Fig. 2** zeigt den Mechanismus in einer Anfangsstellung, wobei Pfeil **48**, der einen Punkt an dem Außenringzahnrad **12** anzeigt, radial mit einem Pfeil **50** ausgerichtet ist, der einen Punkt auf dem flexiblen Element **20** anzeigt. Danach werden die Aktuatoren **30–40** fortlaufend eingestellt, um die Position der Überhöhungen **26**, **27** im Uhrzeigersinn zu bewegen, wie durch Pfeile **52** gezeigt ist, bis die Welle um eine Hälfte einer Umdrehung gewandert ist, so daß die obere Überhöhung **26** nun an dem unteren Teil der Nockenphaseneinstelleinrichtung und die untere Überhöhung **27** nun an dem oberen Teil der Nockenphaseneinstelleinrichtung positioniert ist, wie in **Fig. 3** gezeigt ist.

Es sei zu verstehen, daß diese Wellendrehung um eine halbe Umdrehung keine tatsächliche Drehung des flexiblen Elements um eine halbe Drehung relativ zu dem Außenringzahnrad betrifft. Statt dessen werden die Aktuatoren **30–40** fortlaufend so eingestellt, daß Aktuatoren **30** und **36** zuerst zusammengezogen werden, während Aktuatoren **32**, **38** zuerst erweitert und dann zusammengezogen werden, Aktuatoren **34**, **40** nachfolgend erweitert und dann zusammengezogen werden und Aktuatoren **30**, **36** nachfolgend wiederum zu ihrer vollen Ausdehnung erweitert werden. Dies bewirkt, daß sich die Eingriffspunkte des flexiblen Elements mit dem Außenringzahnrad im Uhrzeigersinn von den Aktuatoren **30**, **36** zu den Aktuatoren **32**, **38**, dann zu den Aktuatoren **34**, **40** und schließlich zurück zu den Aktuatoren **30**, **36** drehen,

wodurch die sogenannten Wellen erzeugt werden, die sich nun um 180 Grad oder um eine halbe Umdrehung bewegt haben. Somit wird das flexible Element so gebogen, daß die Überhöhungen **26, 27** in Doppelwellen gedreht werden, die sich aus ihren Anfangspositionen von **Fig. 2** in nachfolgende Positionen **180** Grad um den Umfang des Ringzahnrad **12** im Uhrzeigersinn bewegen, wie in **Fig. 3** gezeigt ist.

Diese Wellendrehung der Überhöhungen bewirkt eine relative Phasendrehung zwischen dem flexiblen Element **20** und dem Außenringzahnrad **12**. Somit hat sich, wie in **Fig. 2** und **3** gezeigt ist, das Ringzahnrad **12** durch die Bewegung von Pfeil **48** relativ zu Pfeil **50** im Uhrzeigersinn um eine Strecke eines Zahnes des flexiblen Elements relativ zu dem Außenringzahnrad bewegt, wie in **Fig. 3** gezeigt ist. Anders gesagt bewirkt eine Drehung der Wellen um eine halbe Umdrehung oder 180 Grad eine Drehung des flexiblen Elements relativ zu dem Außenringzahnrad um eine Umfangsstrecke eines Zahnes des flexiblen Elementes in einer Richtung entgegengesetzt zu der Drehrichtung der Wellen. Offensichtlich würde eine volle Wellendrehung um 360 Grad bewirken, daß sich das flexible Element um zwei Zähne entgegen dem Uhrzeigersinn oder in einer Richtung entgegengesetzt der Richtung der Drehung der Wellen bewegt. Der Grund dafür ist, daß der Umfang des flexiblen Elements kleiner als der zusammenpassende Umfang des Außenringzahnrades ausgebildet ist und das Element mit zwei Zähnen weniger versehen ist, als an dem zusammenpassenden Außenringzahnrad ausgebildet sind. Somit stehen das flexible Element und das Ringzahnrad mittels Zähnen an den Stellen in Eingriff, an denen die gegenüberliegenden Überhöhungen angeordnet sind, wenn sich die Wellen um das Ringzahnrad drehen. Diese Punkte sind in den **Fig. 2** und **3** an den Hauptachsen gezeigt.

Zwischen diesen Punkten gelangen die Zähne des flexiblen Elements aus der Phase mit den Zähnen des Außenringzahnrades, so daß das flexible Element für jede halbe Umdrehung einen Zahn der Drehung verliert oder sich für jede halbe Umdrehung oder halbe Drehung der Wellen um einen Zahn in eine umgekehrte Richtung bewegt.

Auf die vorhergehende Art und Weise kann eine Phasenänderung jeder gewünschten Größe zwischen dem flexiblen Element, das in diesem Fall mit der Nockenwelle verbunden ist, und dem Außenringzahnrad, das in diesem Fall mit der Motorkurbelwelle verbunden ist, die nicht gezeigt ist, dadurch hergestellt werden, daß lediglich die Aktuatoren **30-40** in fortlaufender Weise elektrisch betätigt werden, um drehende Wellen in dem flexiblen Element zu erzeugen. Diese Wellen können schnell in jeder Richtung bewegt werden, um den Phasenwinkel schnell auf das erwünschte Ausmaß zu ändern. Wiederum sei angemerkt, daß während dieser Bewegung die tatsächliche Änderung der Phase zwischen dem Außenringzahnrad und dem flexiblen Element verglichen zu der Anzahl von Drehungen der Wellen in dem flexiblen Element relativ klein ist. Daher erfordert die Phasenänderung einen relativ kleinen Krafteingang zur Bewegung der Komponenten relativ zueinander, da die tatsächliche Größe der relativen Bewegung klein ist. Selbstverständlich ist die Gesamtphasenänderung nicht begrenzt und könnte je nach Bedarf ausgebildet sein, ist aber immer noch klein relativ zu der Anzahl von Wellendrehungen, die erforderlich ist, um diese Winkelphasenänderung zu erzielen.

Während die gerade beschriebene Ausführungsform zwei gegenüberliegende Überhöhungen **26, 27** des flexiblen Elements aufweist, sei zu verstehen, daß andere Zahlen von Überhöhungen gewählt werden könnten. Gegebenenfalls kann eine einzelne Überhöhung verwendet werden, aber dies würde den Effekt haben, daß Seitenkräfte auf den Me-

chanismus erzeugt werden, und würde normalerweise wahrscheinlich für einen praktischen Mechanismus nicht verwendet werden. Andererseits könnte die Anzahl von Überhöhungen gegebenenfalls auf drei oder vier erhöht werden, so daß drei oder vier Eingriffspunkte des flexiblen Elements mit den Ringzahnradzähnen vorhanden wären, die bei gleichen Winkelintervallen um den Umfang des flexiblen Elements und des Ringzahnrades beabstandet sind.

In allen Fällen wäre die minimale Differenz der Anzahl von Zähnen an dem Ringzahnrad minus der Anzahl von Zähnen an dem flexiblen Element gleich eins für jede Überhöhung des flexiblen Elements, das mit dem Ringzahnrad in Eingriff steht. Jedoch könnte gegebenenfalls die Anzahl von Zähnen durch ein Mehrfaches der Anzahl von Überhöhungen auf ein Ausmaß erhöht werden, das bei der Konstruktion des spezifischen Mechanismus geeignet ist. Somit könnten die zwei in den Zeichnungen gezeigten, mit Überhöhungen versehenen Nockenphaseneinstelleinrichtungen eine Zahndifferenz von vier aufweisen, d. h. das flexible Element könnte vier Zähne weniger als das Außenringzahnrad aufweisen. Dies würde eine Winkelphasenänderung von vier Zähnen des flexiblen Elementes für jede Wellendrehung des Mechanismus bewirken.

Es sei ferner angemerkt, daß gegebenenfalls die zusammenpassenden Flächen des flexiblen Elements und des Außenringzahnrades so modifiziert sein könnten, daß die Zähne beseitigt sind und statt dessen ein Reibflächenkontakt verwendet wird, der eine Phasenänderung auf die gleiche Weise, wie vorher beschrieben, erzeugen könnte, aber nur durch die relativen Umfangslängen oder Runddurchmesser der Flächen des dem Ringzahnrades entsprechenden Ringelementes und des flexiblen Elementes begrenzt. Diese könnten in beliebigen Differenzlängen unbeschränkt durch die Größe des Zahnabstandes gewählt werden, wie es bei der veranschaulichten und bevorzugten Ausführungsform der Fall ist.

In den **Fig. 4** und **5** ist eine alternative Ausführungsform einer Nockenphaseneinstelleinrichtung gezeigt, die gemäß der Erfindung ausgebildet und allgemein mit Bezugszeichen **56** bezeichnet ist. Die Phaseneinstelleinrichtung **56** weist im Vergleich zur Ausführungsform **10**, die vorher beschrieben wurde, einen im wesentlichen umgedrehten Differenznockenphaseneinstellmechanismus auf. Insbesondere zeigt **Fig. 4** eine Nockenwelle **58**, die durch eine Schraubbefestigung **46** mit einer Innennabe **60**, die einstückig mit einem Außenzahnrad **62** oder Ringzahnrad ausgebildet ist, verbunden ist, das als ein kreisförmiger Ring mit Zähnen **64** an seinem Außenumfang ausgebildet ist. Die Zähne **64** stehen mit zusammenpassenden Zähnen **66** eines inneren flexiblen Elementes **68** in Eingriff, das einen Innendurchmesser oder Umfang aufweist, der etwas größer als der entsprechende Außenumfang des Außenringzahnrades **62** ist.

Eine Außenfläche **70** des flexiblen Elementes steht mit Piezoaktuatoren **72** in Eingriff. Diese entsprechen den Aktuatoren **30-40** der ersten Ausführungsform und umfassen eine Vielzahl von Piezoelementen, die zur Bildung der einzelnen Aktuatoren gestapelt sind. Die Aktuatoren **72** erstrecken sich radial auswärts von der Außenfläche **70** des flexiblen Elementes **68**, um mit einer Innenfläche einer Riemenscheibe, eines Kettenrades oder eines Zahnradelementes **74** in Eingriff zu treten. Das Element **74** umfaßt Außenzähne **76** zur Verbindung mit einer Kurbelwelle durch eine Steuerkette, einen Steuerriemen oder ein angetriebenes Zahnrad je nach Bedarf. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind Abschnitte der Riemenscheibe/des Kettenrades/des Zahnrades **74** und der Piezoaktuatoren **72** weggelassen worden.

Während **Fig. 4** etwas schematischer Natur ist, zeigt **Fig.**

5 einen Querschnitt eines vollständigen Zusammenbaus der alternativen Ausführungsform der Nockenphaseneinstelleinrichtung 56, die mit der Nockenwelle 58 verbunden ist, wobei gleiche Bezugszeichen gleiche Teile bezeichnen. Bei dieser zusammengebauten Version weist das Element 74 einen abhängigen Flansch 78 auf, der durch Schrauben 80 an Vorsprünge 82 einer Vorderabdeckung 84 befestigt ist. Die Abdeckung 84 und der Flansch 78 umschließen die Aktuatoren 72 und sind durch Lager 86 für eine relative Bewegung der Außenzahnräder 62 und des Elementes 74 gehalten.

Das Riemenscheiben-/Kettenrad-/Zahnradelement 74 bewegt sich mit der flexiblen Element 68 bei Phasenänderungen, was durch einen radialen Flansch 88 sichergestellt wird, der mit einem Rand des flexiblen Elements 68 verbunden ist, und sich in eine Tasche zwischen den Vorsprüngen 82 und dem Zahnradflansch 78 zur Verbindung mit den Schrauben 80 erstreckt, um diese Elemente zusammenzutreiben.

Im Betrieb verformen die Aktuatoren 72 wiederum das flexible Element 68 in eine nicht runde, vorzugsweise im allgemeinen elliptische Gestaltung, so daß die Innenzähne des flexiblen Elements mit den Außenzähnen des Außenzahnrad 62 nur an zwei gegenüberliegenden Stellen in Kontakt stehen. Diese Kontaktstellen können als Ausbildung von sich einwärts erstreckenden Überhöhungen beschrieben werden, ähnlich aber umgekehrt zu den sich auswärts erstreckenden Überhöhungen der ersten beschriebenen Ausführungsform. An von den gegenüberliegenden Überhöhungen verschiedenen Stellen wird das flexible Element von dem runden Äußeren des Außenzahnrad 62 weg erweitert oder verformt, so daß die Zähne nur an den Stellen der gegenüberliegenden Überhöhungen in Kontakt stehen. Dies ist ähnlich zu der ersten beschriebenen Ausführungsform, aber deshalb umgekehrt, weil sich die Überhöhungen einwärts erstrecken, um mit dem Zahnrad in Kontakt zu treten.

Eine Phasenänderung wird dann auf die gleiche Art und Weise wie zuvor durch aufeinanderfolgendes Erweitern und Zusammenziehen der Piezoaktuatoren 72 erreicht. Dies erzeugt Doppelwellen der sich einwärts erstreckenden Überhöhungen des flexiblen Elementes, wodurch bewirkt wird, daß sich die Eingriffspunkte mit dem Außenzahnrad in einer oder der entgegengesetzten Richtung drehen. Diese Wellendrehung des flexiblen Elementes bewirkt, daß das flexible Element, die sich nun auf der Außenseite des Zahnrades befindet, um einen Zahn für jede halbe Drehung der Wellen fortschreitet, wobei angenommen wird, daß die Zahndifferenz zwischen den in Eingriff stehenden Elementen zwei Zähne beträgt, wie bei der ersten beschriebenen Ausführungsform. Offensichtlich würde dann, wenn andere Zahndifferenzen, wie beispielsweise vier, betroffen wären oder die Anzahl von Überhöhungen verschieden wäre, dann die Anzahl von Zähnen, um die fortgeschritten wird, wie bei der ersten beschriebenen Ausführungsform eingestellt werden.

In Fig. 6 ist eine andere Ausführungsform einer Nockenphaseneinstelleinrichtung gezeigt, die als eine Doppelphaseneinstelleinrichtung 90 bezeichnet werden kann. Die Phaseneinstelleinrichtung 90 umfaßt ein erstes Phaseneinstellelement mit einem Außenringzahnrad 92, das mit einem inneren flexiblen Element 94 in Eingriff steht, wie bei der Nockenphaseneinstelleinrichtung 10. Ein zweites umgedrehtes Phaseneinstellelement ist konzentrisch innerhalb des ersten Elementes angeordnet und umfaßt ein Innenringzahnrad 96 und ein äußeres flexibles Element 98, wie bei der Nockenphaseneinstelleinrichtung 56. Piezoaktuatoren 100 bilden einen gemeinsamen Wellengenerator, der zwischen beiden flexiblen Elementen 94, 98 angeordnet ist und mit

diesen in Eingriff steht. Das Außenringzahnrad umfaßt. Im Betrieb bilden diese, wenn sich die Piezoaktuatoren fortlaufend erweitern und zusammenziehen, drehende Wellen in beiden Doppелеlementen, die eine simultane Änderung der Phase in beiden Elementen in derselben Richtung bewirken. Als Ergebnis wird die Phasenänderung zwischen dem Außenringzahnrad und dem Innenringzahnrad im Vergleich zu nur einer Phaseneinstelleinrichtung, die allein wirkt, verdoppelt, aber die Drehmomentleistung der gesamten Phasenänderungseinheit ist unter Annahme derselben Piezoaktuatorleistung verringert.

Fig. 7 zeigt eine Variation, die auf die vorher beschriebenen Ausführungsformen anwendbar ist und bei der sowohl ein Kettenrad/ Ringzahnrad 102 als auch ein zugeordnetes flexibles Element 104 mit abgeschrägten Zähnen oder anderen Antriebsflächen versehen ist, die an Überhöhungen des flexiblen Element 104 in Eingriff stehen, wie vorher beschrieben wurde. Eine Bellevillefeder 106 oder eine andere geeignete Vorspanneinrichtung ist vorgesehen, um das Ringzahnrad 102 an ihren Eingriffspunkten axial an das flexible Element 104 vorzuspannen und ein Spiel zwischen den Antriebsselementen an diesen Punkten aufzunehmen. Alternativ dazu könnte das flexible Element 104 durch eine Feder an das Ringzahnrad 102 gedrängt werden. Das flexible Element 104 weist einen Flansch 108 auf, der an einer Nabe 110 befestigt ist, die ihrerseits an einer Nockenwelle 58 befestigt ist.

Es sei angemerkt, daß mit dem Begriff "flexibles Element" einerseits, wie in den Figuren gezeigt ist, ein Element mit Verzahnung und andererseits auch ein solches ohne Verzahnung bezeichnet ist, das in diesem Fall beispielsweise eine Reibfläche aufweist, die mit einem entsprechend ausgebildeten, dem Ringzahnrad entsprechenden Ringelement reibschlüssig in Eingriff treten kann.

Desweiteren ist, wenn das flexible Element eine Differenzanzahl an Zähnen zu dem Ringzahnrad aufweist, die ein Vielfaches der Anzahl von Erhöhungen darstellt, unter einem Vielfachen auch ein Einfaches davon zu verstehen.

Während die Erfindung unter Bezugnahme auf bestimmte bevorzugte Ausführungsformen beschrieben worden ist, sei zu verstehen, daß zahlreiche Änderungen innerhalb des Schutzzumfangs der beschriebenen erfinderischen Konzepte durchgeführt werden können. Demgemäß ist die Erfindung nicht auf die offenbarten Ausführungsformen begrenzt, sondern besitzt den vollständigen Schutzzumfang, der durch die folgenden Ansprüche dargelegt ist.

#### Patentansprüche

1. Nockenphaseneinstelleinrichtung zur Steuerung der zeitlichen Abfolge einer Nockenwelle, die von einer Kurbelwelle eines zugeordneten Motors angetrieben wird, wobei die Phaseneinstelleinrichtung umfaßt: ein Ringzahnrad, das antreibbar mit einem der Elemente Kurbelwelle und Nockenwelle verbunden ist, wobei das Ringzahnrad eine gezahnte Seite aufweist, ein flexibles Element, das eine gezahnte Seite aufweist und antreibbar mit dem anderen der Elemente Kurbelwelle und Nockenwelle verbunden ist, einen piezoelektrischen Wellengenerator, der mit dem flexiblen Element in Eingriff steht und dieses in eine nicht runde Konfiguration ablenkt, die zumindest eine vortretende Überhöhung aufweist, wobei Zähne der gezahnten Seite mit Zähnen der gezahnten Seite des Ringzahnrad in Eingriff stehen, wobei das flexible Element eine Differenzanzahl an Zähnen zu dem Ringzahnrad aufweist, die ein Vielfaches der Anzahl von Überhöhungen darstellt, die an dem flexiblen Element

ausgebildet sind und mit dem Ringzahnrad in Eingriff stehen,

wobei der Wellengenerator dazu dient, die Umfangsposition der zumindest einen Überhöhung relativ zu dem flexiblen Element in einer Welle zu drehen, wodurch eine Änderung in der Phase des flexiblen Elementes relativ zu dem Ringzahnrad bewirkt wird, die gleich dem Abstand der Differenzanzahl von Zähnen für jede Umdrehung der Welle ist, die durch den Wellengenerator gebildet wird.

2. Nockenphaseneinstelleinrichtung nach Anspruch 1, wobei der Wellengenerator mit einer zweiten Seite des flexiblen Elements in Eingriff steht, die radial gegenüberliegend von der gezahnten Seite angeordnet ist.

3. Nockenphaseneinstelleinrichtung nach Anspruch 2, wobei die gezahnte Seite des Ringzahnrad die Innenseite ist, die gezahnte Seite des flexiblen Elements die Außenseite ist und das flexible Element weniger Zähne als das Ringzahnrad aufweist, wodurch die Phasenänderung des flexiblen Elements relativ zu dem Ringzahnrad entgegengesetzt der Richtung der Welle erfolgt.

4. Nockenphaseneinstelleinrichtung nach Anspruch 2, wobei die gezahnte Seite des Ringzahnrad die Außenseite ist, die gezahnte Seite des flexiblen Elements die Innenseite ist und das flexible Element mehr Zähne als das Ringzahnrad aufweist, wodurch die Phasenänderung des flexiblen Elements relativ zu dem Ringzahnrad in der Richtung der Welle erfolgt.

5. Nockenphaseneinstelleinrichtung nach Anspruch 2, wobei der Wellengenerator mehrere Piezoelementstapel umfaßt, die sich radial zwischen der zweiten Seite des flexiblen Elements und einer gegenüberliegenden Seite eines zweiten Ringelementes erstrecken, das antreibbar mit dem anderen der Elemente Kurbelwelle und Nockenwelle verbunden ist.

6. Nockenphaseneinstelleinrichtung nach Anspruch 5, wobei das Ringzahnrad und das zweite Ringelement konzentrische innere und äußere Elemente sind, wobei das Innenelement an einem der Elemente Kurbelwelle und Nockenwelle zur Drehung mit diesem befestigt ist und das Außenelement Außenzähne zur Verbindung mit dem anderen der Elemente Kurbelwelle und Nockenwelle umfaßt.

7. Nockenphaseneinstelleinrichtung nach Anspruch 6, wobei das Innenelement mit der Nockenwelle verbunden ist.

8. Nockenphaseneinstelleinrichtung zur Steuerung der zeitlichen Abfolge einer Nockenwelle, die von einer Kurbelwelle eines zugeordneten Motors angetrieben wird, wobei die Phaseneinstelleinrichtung umfaßt: ein Außenringzahnrad, das antreibbar mit einem der Elemente Kurbelwelle und Nockenwelle verbunden ist, wobei das Ringzahnrad eine gezahnte Innenseite aufweist,

ein flexibles Element, das eine gezahnte Außenseite umfaßt und mit dem anderen der Elemente Kurbelwelle und Nockenwelle antreibbar verbunden ist, einem piezoelektrischen Wellengenerator, der mit dem flexiblen Element in Eingriff steht und dieses in eine nicht runde Gestalt ablenkt, wobei die gezahnte Außenseite zumindest eine vortretende Überhöhung aufweist, wobei Zähne der gezahnten Außenseite mit Zähnen der gezahnten Innenseite des Außenringzahnrad in Eingriff stehen, wobei das flexible Element eine Differenzanzahl von Zähnen aufweist, die kleiner als bei dem Ringzahnrad ist und ein Vielfaches der Anzahl von Überhöhungen darstellt, die an dem flexiblen

Element gebildet werden und mit dem Ringzahnrad in Eingriff stehen,

wobei der Wellengenerator dazu dient, die Umfangsposition der zumindest einen Überhöhung relativ zu dem flexiblen Element in einer Welle zu drehen, wodurch eine Änderung entgegengesetzt der Richtung der Welle in der Phase des flexiblen Elements relativ zu dem Außenringzahnrad bewirkt wird, die gleich dem Abstand der Differenzanzahl von Zähnen für jede Umdrehung der Welle ist, die durch den Wellengenerator gebildet wird.

9. Nockenphaseneinstelleinrichtung nach Anspruch 8, wobei das Außenringzahnrad mit der Kurbelwelle verbunden ist, das flexible Element mit der Nockenwelle verbunden ist, der Wellengenerator zwei gegenüberliegende Überhöhungen des flexiblen Elements bildet, die mit dem Außenringzahnrad in Eingriff stehen, und das flexible Element zwei Zähne weniger als das Außenringzahnrad aufweist, wodurch eine Phasenänderung von zwei Zähnen für jede Umdrehung der Wellen bewirkt wird, die in dem flexiblen Element gebildet werden und entgegengesetzt der Drehrichtung vorliegen.

10. Nockenphaseneinstelleinrichtung zur Steuerung der zeitlichen Abfolge einer Nockenwelle, die von einer Kurbelwelle eines zugeordneten Motors angetrieben wird, wobei die Phaseneinstelleinrichtung umfaßt: ein Innenringzahnrad, das mit einem der Elemente Kurbelwelle und Nockenwelle antreibbar verbunden ist, wobei das Ringzahnrad eine gezahnte Außenseite aufweist,

ein flexibles Element, das eine gezahnte Innenseite aufweist und mit dem anderen der Elemente Kurbelwelle und Nockenwelle antreibbar verbunden ist, einen piezoelektrischen Wellengenerator, der mit dem flexiblen Element in Eingriff steht und dieses in eine nicht runde Gestalt ablenkt, wobei die gezahnte Innenseite zumindest eine vortretende Überhöhung aufweist, wobei Zähne der gezahnten Innenseite mit Zähnen der gezahnten Außenseite des Innenringzahnrad in Eingriff stehen, wobei das flexible Element eine Differenzanzahl von Zähnen aufweist, die größer als bei dem Ringzahnrad ist und ein Vielfaches der Anzahl von Überhöhungen darstellt, die an dem flexiblen Element gebildet werden und mit dem Ringzahnrad in Eingriff stehen,

wobei der Wellengenerator dazu dient, die Umfangsposition der zumindest einen Überhöhung relativ zu dem flexiblen Element in einer Welle zu drehen, wodurch eine Änderung in der Phase des flexiblen Elements in der Richtung der Welle relativ zu dem Innenringzahnrad bewirkt wird, die gleich dem Abstand der Differenzanzahl von Zähnen für jede Umdrehung der Welle ist, die durch den Wellengenerator gebildet wird.

11. Nockenphaseneinstelleinrichtung nach Anspruch 10, wobei das Innenringzahnrad mit der Nockenwelle verbunden ist, das flexible Element mit der Kurbelwelle verbunden ist, der Wellengenerator zwei gegenüberliegende Überhöhungen des flexiblen Elements bildet, die mit dem Innenringzahnrad in Eingriff stehen, und das flexible Element zwei Zähne mehr als das Innenringzahnrad aufweist, wodurch eine Phasenänderung von zwei Zähnen für jede Umdrehung der Wellen gebildet wird, die in dem flexiblen Element ausgebildet sind und in der Drehrichtung vorliegen.

12. Nockenphaseneinstelleinrichtung zur Steuerung der zeitlichen Abfolge einer Nockenwelle, die von einer Kurbelwelle eines zugeordneten Motors angetrieben wird, wobei die Phaseneinstelleinrichtung umfaßt:

ein Ringelement, das antreibbar mit einem der Elemente Kurbelwelle und Nockenwelle verbunden ist, wobei das Ringelement eine antriebsübertragende Seite aufweist,

ein flexibles Element, das eine antriebsübertragende Seite aufweist und mit dem anderen der Elemente Kurbelwelle und Nockenwelle antreibbar verbunden ist, einem piezoelektrischen Wellengenerator, der mit dem flexiblen Element in Eingriff steht und dieses in eine nicht runde Konfiguration ablenkt, die zumindest eine vortretende Überhöhung aufweist, wobei die antriebsübertragende Seite des flexiblen Elements mit der antriebsübertragenden Seite des Ringelementes in Eingriff steht, wobei die flexible Element eine Differenzlänge zu der des Ringelementes aufweist,

wobei der Wellengenerator dazu dient, die Umfangsposition der zumindest einen Überhöhung relativ zu dem flexiblen Element in einer Welle zu drehen, wobei eine Änderung in der Phase des flexiblen Elements relativ zu dem Ringelement bewirkt wird, die gleich dem Ausmaß der Differenzlänge für jede Umdrehung der Welle ist, die durch den Wellengenerator gebildet wird.

13. Nockenphaseneinstelleinrichtung nach Anspruch 12, wobei die antriebsübertragenden Seiten des Ringelementes und des flexiblen Elements abgeschrägt sind und die Nockenphaseneinstelleinrichtung Mittel umfaßt, die eines der Elemente Ringelement und flexibles Element axial gegen das andere vorspannt, um ein Spiel aufnehmen zu können, das in der Antriebsschnittstelle des Ringelementes und dem flexiblen Element auftritt.

14. Nockenphaseneinstelleinrichtung nach Anspruch 12, wobei die antriebsübertragenden Seiten mittels Reibung in Eingriff tretende Oberflächen aufweisen.

15. Nockenphaseneinstelleinrichtung nach Anspruch 12, wobei die antriebsübertragenden Seiten miteinander in Eingriff stehende gezahnte Flächen aufweisen.

16. Nockenphaseneinstelleinrichtung nach Anspruch 12, mit:

einem zweiten Ringelement, das antreibbar mit dem anderen der Elemente Kurbelwelle und Nockenwelle verbunden ist und eine antriebsübertragende Seite aufweist, und

einem zweiten flexiblen Element, das antreibbar mit dem einen der Elemente Kurbelwelle und Nockenwelle durch das zuerst genannte Ringelement und das zuerst genannte flexible Element verbunden ist,

wobei der piezoelektrische Wellengenerator auch mit dem zweiten flexiblen Element in Eingriff steht und dieses in eine nicht runde Gestaltung ablenkt, die zumindest eine vortretende Überhöhung aufweist, wobei die antriebsübertragende Seite des zweiten flexiblen Elements mit der antriebsübertragenden Seite des zweiten Ringelementes in Eingriff steht, wobei das zweite flexible Element eine Differenzlänge zu der des zweiten Ringelementes aufweist,

wobei der Wellengenerator auch dazu dient, die Umfangsposition der zumindest einen Überhöhung relativ zu dem zweiten flexiblen Element in einer Welle zu drehen, wobei eine Änderung in der Phase des zweiten flexiblen Elements relativ zu dem zweiten Ringelement bewirkt wird, die gleich dem Ausmaß der Differenzlänge für jede Umdrehung der Welle ist, die durch den Wellengenerator gebildet wird.

17. Nockenphaseneinstelleinrichtung nach Anspruch 16, wobei das zuerst genannte Ringelement und das zuerst genannte flexible Element konzentrisch mit dem

zweiten Ringelement und dem zweiten flexiblen Element angeordnet sind und der Wellengenerator radial zwischen den flexiblen Elementen angeordnet ist.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---



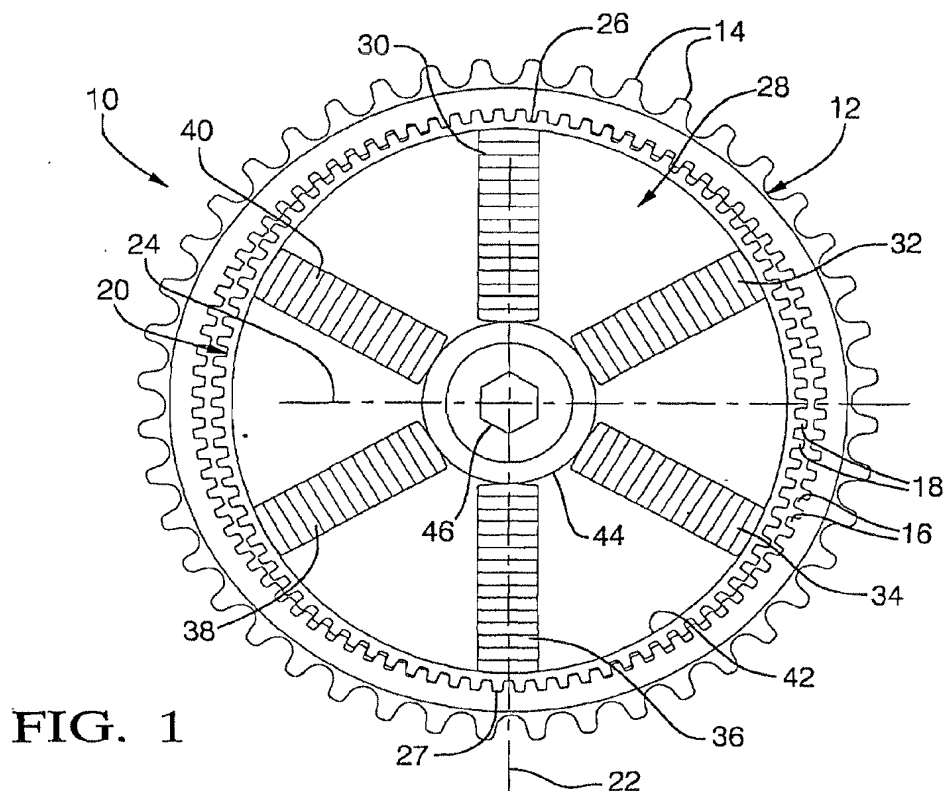


FIG. 1

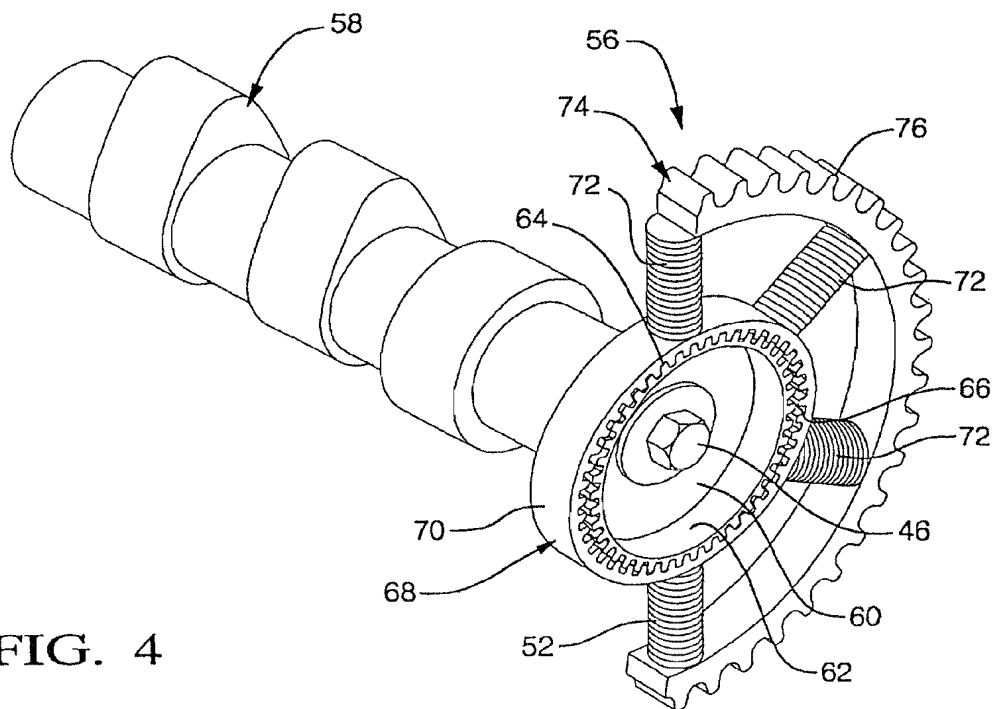


FIG. 4

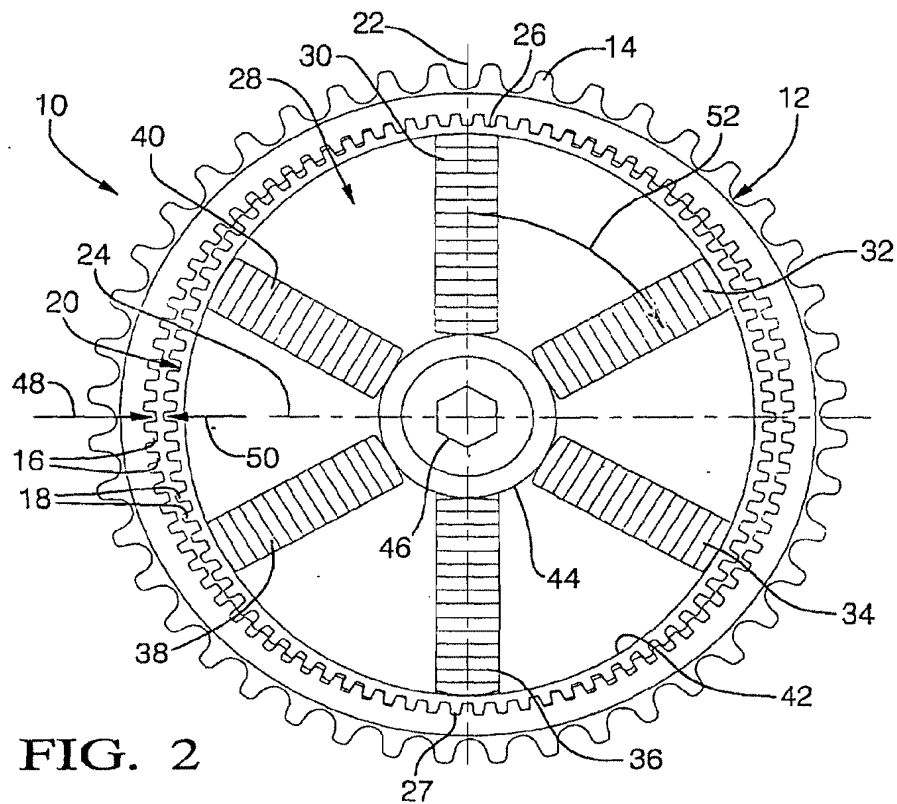


FIG. 2

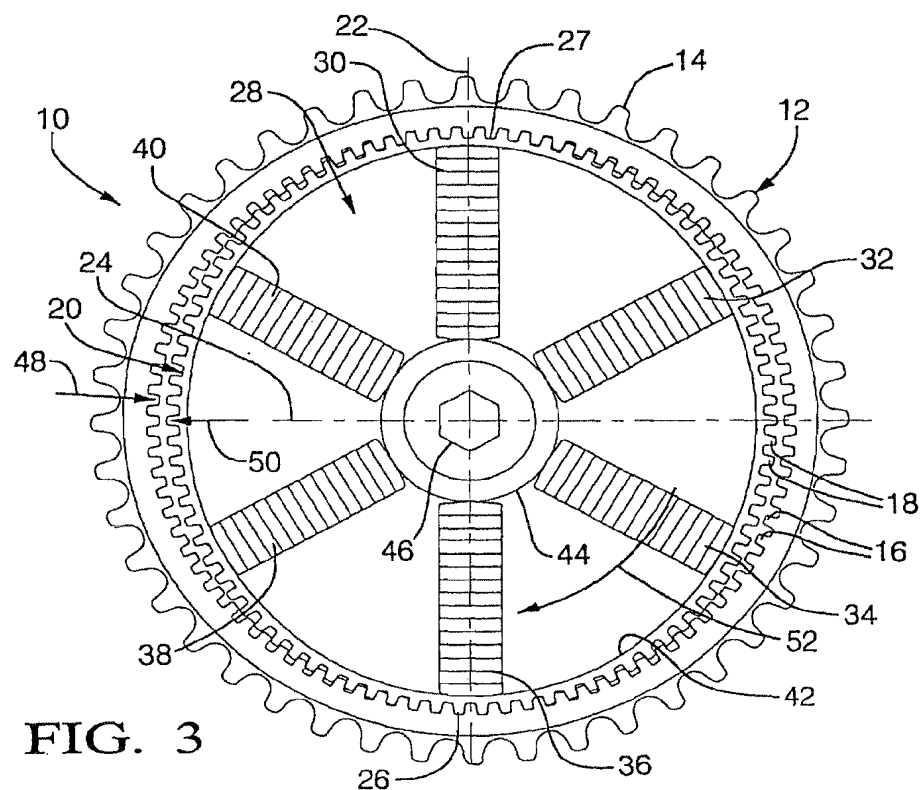


FIG. 3

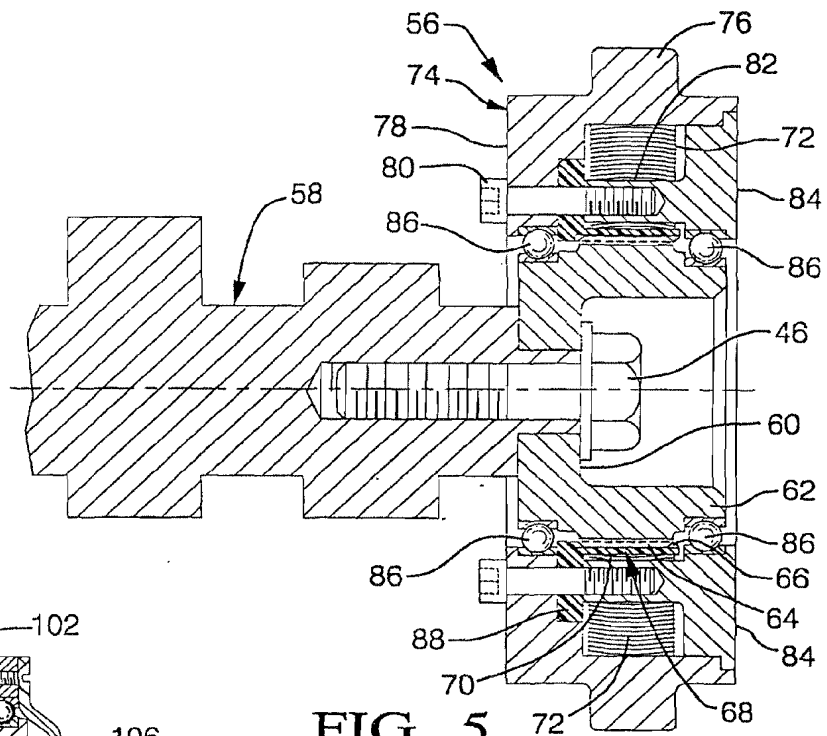


FIG. 5

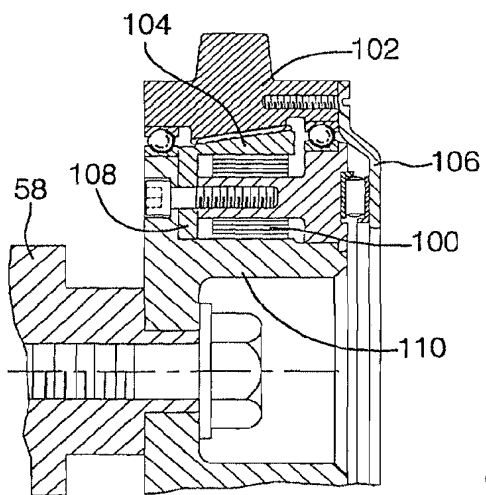


FIG. 7

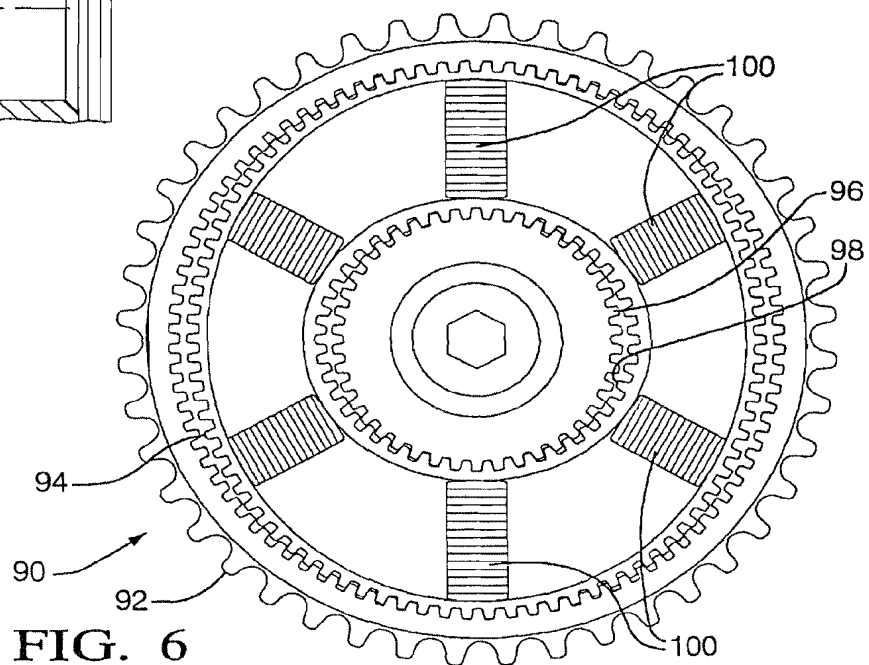


FIG. 6